发展性阅读障碍儿童的新词习得及其改善*

白学军[1,2] 马杰[1] 李馨[1] 连坤予[1] 谭珂[1] 杨宇[1] 梁菲菲[2]
（[1] 天津师范大学心理与行为研究院，天津 300074； [2] 天津师范大学教育科学学院，天津 300387）

摘 要 本研究通过比较重复学习新词时个体眼动模式的变化，探讨发展性阅读障碍儿童的新词习得及改善途径。实验 1 以发展性阅读障碍、生理年龄和阅读能力匹配儿童为被试，采用重复学习新词的范式，探讨发展性阅读障碍儿童的新词习得。结果发现，与匹配组相比，发展性阅读障碍儿童在新词的首次注视时间和凝视时间上需要更多的语境才出现显著下降，且在总注视时间上表现出更缓慢的下降。表明发展性阅读障碍儿童的新词习得慢于正常儿童。实验 2 以词间空格和正常无空格两种文本呈现方式，仍采用重复学习新词范式，探讨词间空格是否能促进发展性阅读障碍儿童的新词习得。结果发现，在词间空格条件下，发展性阅读障碍儿童的新词习得可达到正常儿童的水平。表明作为视觉词切分线索的词间空格，可促进发展性阅读障碍儿童的新词习得。本研究结果为发展性阅读障碍儿童新词习得提供了一条新的途径。

关键词 发展性阅读障碍；新词习得；词切分；中文阅读

1 问题提出

发展性阅读障碍指个体无明显脑损伤、精神障碍等器质性病变，具有中等或以上智力水平，与同龄人享有同等教育，但字词识别效率低下的一种学习障碍，具体表现为：（1）字词识别的流畅性和准确性差；（2）词汇拼写及解码能力差（Lyon, Shaywitz, & Shaywitz, 2003）。大量研究发现，由于发展性阅读障碍儿童存在字词识别困难，其识字量和词汇量均显著低于正常儿童（Meng, Cheng-Lai, Zeng, Stein, & Zhou, 2011; Pan, Yan, Laubrock, Shu, & Kliegl, 2014; Shu, McBride-Chang, Wu, & Liu, 2006; Zhang, Xie, Xu, & Meng, 2018），因此识字量是甄别发展性阅读障碍儿童的主要指标（Chen et al., 2018; Pan et al., 2014; Yan, Pan, Laubrock, Kliegl, & Shu, 2013; Zhou et al., 2014）。

小学阶段是儿童识字量和词汇量增长的黄金时期。据统计，儿童平均每年约掌握3000个新词，其中超过80%的词汇是在自然阅读中习得的（Nagy, Herman, & Anderson, 1985）。Fukkink（2005）以拼音文字为基础，提出自然阅读中新词习得的四个认知阶段：（1）做出是否触发学习新词的决定；（2）对词汇本身及其相关语境投入大量认知资源寻找有效线索，即词汇内部线索、语境线索以及个体在长时记忆中

收稿日期：2018 年 5 月 09 日
* 国家自然科学基金（31600902,81471629,31571122,31800920）和天津市哲学社会科学规划课题（TJJX16-013）。
通讯作者：白学军，E-mail: baixuejun@tjnu.edu.cn；梁菲菲，E-mail: feifeiliang_329@126.com

储存的知识；（3）利用语境线索推断新词含义；（4）对已形成的新词含义进行评估。由于汉语文本没有明显的视觉词边界信息，成功进行词切分是阅读中进行新词习得的首要环节（白学军, 张慢慢, 臧传丽, 李馨, 陈璐, 闫国利, 2014; 李兴珊, 刘萍萍, 马国杰, 2011; Li, Rayner, & Cave, 2009; Liang et al., 2015, 2017）。如果将Fukkink（2005）提出的新词习得认知阶段模型应用到汉语阅读中，则需要增加词切分过程。因此在汉语阅读中进行新词习得时，需先对句子进行词切分，同时利用词汇内部线索和语境等线索对新词进行语义推断与整合。

梁菲菲，章鹏，张琪涵，王永胜和白学军（2017）采用眼动追踪技术，通过重复学习新词时眼动模式的变化，从发展的角度探讨正常儿童及成人在自然阅读中新词习得的差异。实验要求成人和三年级小学生在连续五个语境的阅读中学习新词。结果发现，在新词的凝视时间和再注视比率上，成人在第二次阅读新词时就大幅下降，而小学生在第四次阅读时才开始下降；在总注视时间上，小学生在前四次阅读中呈连续下降，而成人仅在前两次阅读中表现出大幅下降，随后下降幅度大幅减小。该结果表明，正常儿童的新词习得眼动注视模式不同于成人，即成人在新词上的眼动注视模式呈阶梯式下降，而儿童呈连续下降。这可能是由于，相比于成人，儿童为不熟练阅读者，阅读水平较低，各项语言认知加工技能有待于发展（Reichle et al., 2013），因此导致他们在阅读中学习新词时，无法像成人一样有效地利用词汇内部线索以及语境等线索推断新词语义。

和正常儿童相比，发展性阅读障碍儿童阅读水平较低，且存在如下缺陷可能会影响新词习得。（1）语音加工缺陷，表现为语音意识弱，语音记忆能力低和语音提取困难（Ho, Law, & Ng, 2000）。（2）正字法意识缺陷，表现为汉字组字规则和结构意识弱，字形结构加工能力差（Ho, Chan, Tsang, & Lee, 2002）。由于汉语词汇切分和识别是视觉特征、汉字和词汇三个层面自上而下和自下而上的交互加工过程（Li et al., 2009），发展性阅读障碍儿童的语音加工缺陷和正字法意识缺陷可能影响汉字层面加工，与此同时，汉字层面的加工也可能会影响其它层面的激活，使其在建立汉字形、音、义之间的联结更加困难。由此推断，发展性阅读障碍儿童在句子中对新词进行切分和识别的过程可能会更困难。（3）快速命名缺陷，表现为对熟悉视觉刺激形-音转换的自动化加工能力差（Yan et al., 2013）。（4）阅读流畅性差，表现为阅读的速度慢、准确性差（Li & Wu, 2015; Meng et al., 2011）。快速命名和阅读流畅性均涉及语音和正字法等多种低水平阅读认知加工过程，反映自动化加工的程度（Hudson, Pullen, Lane, & Torgesen, 2009; Li et al., 2015; Wolf, Bowers, & Biddle, 2000）。发展性阅读障碍儿童存在快速命名缺陷，且其阅读流畅性差，需要将更多的认知资源集中于语音和正字法等多种低水平认知加工过程上，而用于寻找有效线索进行语义推断的认知资源较少，影响对新词的语义推断与整合，降低阅读理解效率

（Fukkink, 2005; Li et al., 2015）。基于上述原因，研究者推断发展性阅读障碍儿童在自然阅读中习得新词可能会更加困难。本研究的第一个目的是探讨发展性阅读障碍儿童在自然阅读中新词习得的特点及其表现。

词间空格作为一种视觉层面的词边界信息，可以加强新词各词素间字形、字音及语义之间的联结，有利于在视觉上成功进行词切分。那么，读者只需利用词汇内部线索和语境线索进行新词的语义推断与整合（梁菲菲等, 2017; Bai et al., 2013; Blythe et al., 2012; Liang et al., 2015, 2017）。已有研究发现，词间空格在英语（Rayner, Fischer, & Pollatsek, 1998）、泰语（Winskel, Radach, & Luksaneeyanawin, 2009）、汉语（Bai et al., 2013）、德语（Inhoff & Radach, 2002）、日语（Sainio, Hyönä, Bingushi, & Bertram, 2007）、西班牙语（Perea & Acha, 2009）等阅读中起促进作用，其促进作用大小受读者阅读技能高低的调节，即读者阅读技能越低，词间空格所起的促进作用越大（Blythe et al., 2012; Shen et al., 2012）。与正常儿童相比，发展性阅读障碍儿童的阅读技能更低（Shu et al., 2006），且在词素形、音、义的识别和联结上存在缺陷（Lyon et al., 2003）。由此推断，他们在阅读中更加依赖视觉词边界线索（如词间空格）。本研究的第二个目的是探讨词间空格在发展性阅读障碍儿童新词习得中的促进作用。

采用重复学习新词范式，通过比较发展性阅读障碍、生理年龄匹配和阅读能力匹配三组儿童重复学习新词时眼动模式的变化，实验 1 探讨发展性阅读障碍儿童新词习得进程中各阶段的加工特点及表现；在此基础上，实验 2 通过操纵文本呈现方式（词间空格、正常无空格），探讨词间空格如何促进发展性阅读障碍儿童的新词习得。基于前期正常读者新词习得的特点（梁菲菲等, 2017; Blythe et al., 2012），以及发展性阅读障碍儿童存在语音、正字法、快速命名缺陷及其阅读流畅性差（Ho et al., 2002; Meng et al., 2011; Yan et al., 2013），本研究预期：（1）在反映各个加工阶段的眼动指标上，发展性阅读障碍儿童的表现均差于正常儿童，尤其是在新词习得的早期加工阶段；（2）词间空格会促进三组儿童的新词习得，且对发展性阅读障碍儿童的促进作用最大。

由于发展性阅读障碍儿童的阅读发展存在两种模式（薛锦, 舒华, 杨剑锋, 陆建平, 2008）：（1）阅读发展的滞后模式（delayed development），表现为发展性阅读障碍儿童的阅读水平与年龄较小儿童相类似；（2）阅读的变异模式（atypical development），表现为发展性阅读障碍儿童的阅读行为与任何年龄段的正常儿童（包括同年龄及年龄较小儿童）均不相似。为了探讨发展性阅读障碍儿童的新词习得是滞后，还是变异的发展模式，本研究同时选取生理年龄匹配、及年龄较小的阅读能力匹配儿童作为对照组。如果发展性阅读障碍儿童在新词习得时的眼动模式变化与年龄较小的阅读能力匹配儿童相似，与生理年龄匹配儿童差异较大，则表明他们的新词习得的阅读模式是滞后发展的；如果发展性阅读障碍儿童在新

词习得时的眼动模式变化与阅读能力匹配儿童及生理年龄匹配儿童均不相似，则表明他们的新词习得的阅读模式是变异发展的。

2 实验 1：发展性阅读障碍儿童的新词习得

采用重复学习新词范式，将每一个新词（由两个汉字构成的假词）嵌入 8 个不同的语境，通过比较发展性阅读障碍儿童以及匹配儿童在各个学习阶段中眼动模式的变化，探讨发展性阅读障碍儿童新词习得的特点。

2.1 研究方法

2.1.1 被试

对天津市三所小学以及福建省一所小学 881 名五年级小学生和 951 名三年级小学生进行测试，筛选出 41 名发展性阅读障碍儿童，筛出率为 4.65%，见表 1。由于学校及学生个人原因，共 22 名发展性阅读障碍儿童参与实验，其中男生 16 人，女生 6 人。

表 1　被试筛选基本信息

学校	年级	性别	年级人数	发展性阅读障碍儿童	筛出率
小学 A	五年级	男	117	9	7.7%
		女	98	0	0
		总数	215	9	4.2%
小学 B	五年级	男	79	2	2.5%
		女	80	2	2.5%
		总数	159	4	2.5%
小学 C	五年级	男	61	4	6.5%
		女	46	3	6.5%
		总数	107	7	6.5%
小学 D	五年级	男	211	17	8.1%
		女	189	4	2.1%
		总数	400	21	5.3%

发展性阅读障碍组及匹配组被试筛选标准如下。首先，进行以下测验（Meng et al., 2011; Shu et al., 2006）：（1）以班级为单位对三年级和五年级小学生进行《小学生汉字识字量测验》（王孝玲，陶保平，1996）和《联合瑞文推理测验》（李丹，胡克定，陈国鹏，金瑜，李眉，1988）；（2）以个体为单位进行语言及认知能力测验（林传鼎，张厚粲，1986；凌文辁，滨治世，1988；王晓辰，2010；邹艳春，2003；Cheng, Li, & Wu, 2015; Denckla & Rudel, 1974; Li et al., 2015; Shu, Meng, Chen, Luan, & Cao, 2005），包括正字法

意识测验、语音意识测验（包括音节判断测验、音位删除测验、声母/韵母/声调辨别测验）、言语短时记忆测验（包括数字广度任务、汉字广度任务）、快速自动命名测验、阅读流畅性测验（包括一分钟快速读词、三分钟句子阅读）。

其次，根据被试的测验成绩分组：（1）发展性阅读障碍组，智力处于中等或良好水平，识字量低于同年级平均成绩 1.5 个标准差以上，阅读流畅性测验成绩低于同年级平均成绩 1 个标准差以上，且至少有一项个体测验成绩低于生理年龄匹配组 1 个标准差以上；（2）生理年龄匹配组，与发展性阅读障碍组同年龄且智力水平相当，且识字量处于同年级平均成绩上下 0.5 个标准差以内；（3）阅读能力匹配组，与发展性阅读障碍组智力水平和识字量相当，且低两个年级。

最终确定发展性阅读障碍、生理年龄匹配及阅读能力匹配三组儿童各 22 人。各被试组的平均年龄及各项测验成绩见表 2。

表 2　各年龄组被试的平均年龄及各项测验成绩

各项测验	发展性阅读障碍组	生理年龄匹配组	阅读能力匹配组	F	η_p^2
年龄(月)	126 (6.78)	129(8.98)	105 (6.65)	68.75***	0.69
智力(标准分)	106 (12)	108 (10)	113 (12)	2.56	
识字量(字)	2173 (236)	2959 (206)	2166 (255)	83.96***	0.73
正字法意识	72 (7.66)	78 (5.97)	75 (4.88)	4.31*	0.12
语音意识					
音节判断	35 (2.38)	36 (0.59)	35 (1.57)	1.63	
音位删除	11 (5.80)	17 (5.21)	17 (4.99)	7.70**	0.20
声母/韵母/声调辨别	29 (2.59)	30 (4.38)	31 (3.13)	1.80	
言语工作记忆					
数字广度（顺背+倒背）	15 (2.79)	16 (2.54)	15 (2.84)	2.94 (0.06)	0.09
汉字广度	9.55 (1.63)	8.91 (1.63)	9.55 (1.79)	1.05	
快速命名（RAN）					
数字 RAN 反应时	23 (4.97)	20 (2.29)	22 (3.66)	3.17*	0.09
字母 RAN 反应时	29 (7.32)	23 (2.31)	26 (7.86)	4.48*	0.13
颜色 RAN 反应时	46 (9.24)	41 (6.46)	48 (9.08)	3.70*	0.11
阅读流畅性					
一分钟读词(词/分)	83(12)	94 (11)	88 (12)	4.66*	0.13
三分钟阅读(字)	382 (97)	518 (62)	430 (92)	14.53***	0.32

注：括号内为标准差，*** p<0.001，** p<0.01，* p<0.05。

经检验发现：在年龄上，发展性阅读障碍组和生理年龄匹配组差异不显著（t(42)=1.25，p>0.05），但显著大于阅读能力匹配组（t(42)=10.60，p<0.001，d=3.27）；在音位删除测验上，发展性阅读障碍组的成绩均显著低于生理年龄匹配和阅读能力匹配组（ts>3.31，ps<0.002，ds>1.02）；在识字量、正字法、

言语工作记忆、数字/字母/颜色快速命名、一分钟读词和三分钟阅读测验上，发展性阅读障碍组的表现显著均差于生理年龄匹配组（$ts>2.11$，$ps<0.041$，$ds>0.65$），且和阅读能力匹配组无显著差异（$ts<1.70$，$ps>0.05$）；在智力水平、音节判断、声母/韵母/声调辨别等测验上，三组被试成绩均无显著差异（$Fs<2.56$，$ps>0.05$）。由此可知，本研究选取的发展性阅读障碍儿童主要存在正字法意识缺陷、语音意识缺陷、言语工作记忆缺陷和快速命名缺陷。

2.1.2　实验设计

采用 3（被试类型：发展性阅读障碍组、生理年龄匹配组、阅读能力匹配组）×4（学习阶段：1、2、3、4）的混合设计。被试类型为被试间变量，学习阶段为被试内变量，阶段一包括语境 1，阶段二包括语境 2，阶段三包括语境 3、4、5，阶段四包括语境 6、7、8。

2.1.3　实验材料

基于 SUBTLEX-CH 语料库（Cai & Brysbaert, 2010），选择 96 个高频汉字（频率均大于 100/百万）作为构成新词的词素。选取不参与正式实验的 15 名三年级小学生对所选汉字进行注音和组词。选择注音和组词均正确的 80 个汉字作为目标字，平均字频为 323 / 百万，平均笔画数为 8.6，词素位于词首和词尾的概率为 50%。

将目标字两两组合成 40 个假词作为新词。控制假词“假”的程度（与真词不具有相似性）：(1)所有假词在《现代汉语词典》中不存在；(2）呈现假词的正确注音，要求不参与正式实验的 15 名大学生根据注音写出对应的词，结果选出 30 个写不出词的假词，作为本实验的新词。

通过 8 个句子，将每个新词描述成某个常见语义类别的新成员。共设有 10 个语义类别：建筑物、药类、家具、文具、花类、动物、职业、水果、交通工具、衣服。每个语义类别包含 3 个假词。选取不参与正式实验的 15 名大学生对假词和所属语义类别的联想程度进行四点等级评定（“1”代表非常难联想到；“4”代表非常容易联想到）。平均联想值为 1.04（$SD=0.07$），表明由假词联想到真词的程度很低。

将目标词放在句子中间，句子长度为 13～14 个汉字。分别选取不参与正式实验的 15 名小学三年级学生对句子的通顺性和难度进行五点等级评定，其中“1”表示句子非常不通顺且非常难理解；“5”表示句子非常通顺且非常容易理解。为了排除新词对句子通顺性和难度的影响，借鉴 Liang 等人（2015, 2017）的做法，将每一个句子框架中的新词替换为与新词同语义类别的熟悉成员，如“富丽端庄的环米的花瓣不易脱落”，将“环米”替换“牡丹”，然后进行评定。句子通顺性的平均值为 4.31（$SD=0.29$）；句子难度的平均值为 4.47（$SD=0.35$），表明句子非常通顺且容易理解。

在每个新词创设的 8 个语境中，随机设置 1～3 个阅读理解题目，考察被试是否真正理解句子的含

义。同时为每个新词设置 1 个语义类别选择题目，考察被试对新词语义类别的掌握程度。选取 30 个新词中的 15 个新词作为实验 1 的材料，材料举例见表 3。

表 3　实验 1 材料举例

	句子编号	例句
学习阶段一	语境 1	花园里的**环米**特别的鲜艳夺目。
学习阶段二	语境 2	充足光照是**环米**生长的基本条件。
学习阶段三	语境 3	水养或盆栽的**环米**都不需要施肥。
	语境 4	四月到五月是**环米**开花的好时期。
	语境 5	富丽端庄的**环米**的花瓣不易脱落。
学习阶段四	语境 6	适合红色**环米**生长的土壤呈酸性。
	语境 7	所有盆栽的**环米**都必须定期浇水。
	语境 8	生长在山上的**环米**是一种药材。
语义类别选择题目：请选择“环米”属于以下哪个类别？		
（1）文具　（2）花类　（3）容器　（4）季节		

2.1.4　实验仪器

采用加拿大 SR Research 公司 Eyelink1000 眼动仪，采样率为 1000Hz，屏幕分辨率为 1024×768 像素，刷新率为 120Hz。被试眼睛与屏幕之间的距离为 65cm。字体为宋体 18 号，每个汉字大小为 25×25 像素，水平视角为 0.74°。

2.1.5　施测程序

采用五点模式进行校准，平均误差小于 0.5°。校准成功后，要求被试逐一阅读包含新词的 8 个语境，并通过鼠标按键完成阅读理解题目和语义类别选择题目。分 2 次学习 15 个新词，中间休息 10 分钟。整个实验大约持续 50 分钟。

2.2　结果

三组被试的阅读理解正确率无显著差异（发展性阅读障碍组为 81%，生理年龄匹配组为 87%，阅读能力匹配组为 85%），$F(2,63)=2.39$，$p>0.05$，表明三组被试都认真阅读句子。三组被试的语义类别选择正确率没有显著差异（发展性阅读障碍组为 95%，生理年龄匹配组为 99%，阅读能力匹配组为 96%），$F(2,63)=2.48$，$p>0.05$，表明三组被试都能正确掌握新词的语义类别。根据如下标准删除数据（梁菲菲等, 2017）：（1）注视点少于 3 个的句子（0.88%）；（2）眼动数据追踪丢失（0.05%）；（3）3 个标准差以

外（0.4%）。共删除总数据的 1.33%。

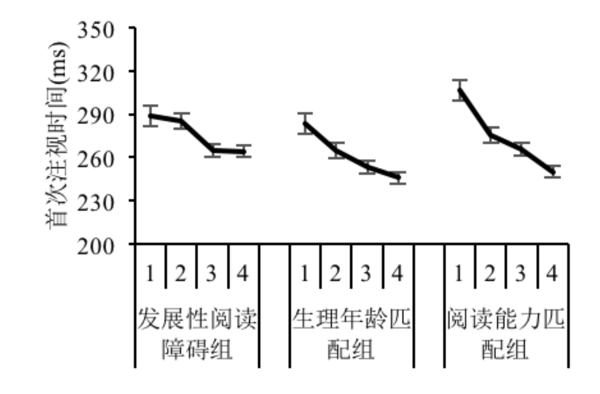
将新词作为兴趣区，选取如下眼动指标作为因变量（梁菲菲等, 2017; Bai et al., 2013; Blythe et al., 2012）:（1）首次注视时间（first fixation duration）：指首次通过兴趣区的首个注视点的注视时间，反映早期加工阶段的特征；（2）凝视时间（gaze duration）：指从首次注视点开始到注视点首次离开当前兴趣区的持续时间总和，反映词汇通达早期阶段的特征；（3）总注视时间（total fixation duration）：指兴趣区内所有注视点的持续时间总和，反映该兴趣区内后期加工的特点（闫国利, 熊建萍, 臧传丽, 余莉莉, 崔磊, 白学军, 2013）。

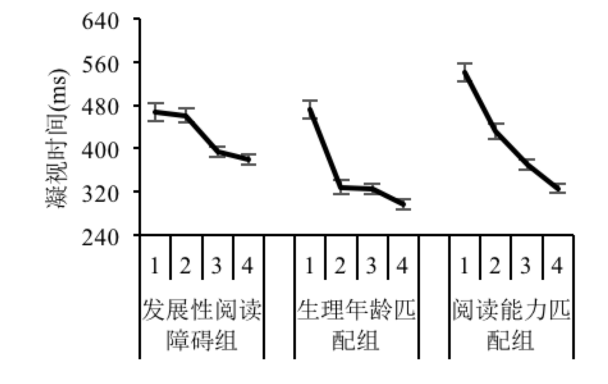
2.2.1 眼动分析结果

三组被试在不同学习阶段的眼动数据结果见表 4 和图 1 所示。

表 4 无空格条件下三组被试在不同学习阶段的眼动数据

眼动指标	发展性阅读障碍组				生理年龄匹配组				阅读能力匹配组			
	阶段一	阶段二	阶段三	阶段四	阶段一	阶段二	阶段三	阶段四	阶段一	阶段二	阶段三	阶段四
首次注视时间(ms)	289	285	265	264	284	265	253	246	307	275	266	250
	(60)	(58)	(42)	(36)	(57)	(44)	(36)	(34)	(74)	(49)	(44)	(43)
凝视时间(ms)	468	461	393	380	471	328	325	297	540	431	371	326
	(135)	(141)	(101)	(109)	(146)	(72)	(66)	(53)	(184)	(148)	(92)	(89)
总注视时间(ms)	1123	898	715	645	1121	687	609	549	1404	955	796	637
	(340)	(270)	(241)	(195)	(307)	(176)	(153)	(122)	(391)	(287)	(220)	(199)





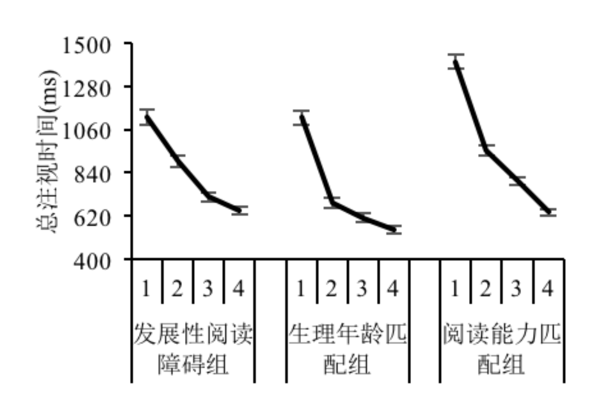


图 1 三组被试在不同学习阶段中对新词的注视情况

（1）学习阶段。在首次注视时间、凝视时间和总注视时间上的主效应均显著（$Fs>20.89$, $ps<0.001$, $\eta_p^2>0.25$）。进一步检验发现，相邻两个学习阶段之间的差异均显著（$ts>2.40$, $ps<0.023$, $ds>0.64$）。表明随着学习阶段的递增，被试在新词上的注视时间呈逐渐下降趋势。

（2）组别。在首次注视时间上的主效应被试分析不显著，项目分析显著（$F_1(2,63)=0.76$, $p_1>0.05$; $F_2(2,58)=11.52$, $p_2<0.001$, $\eta_p^2=0.28$），在凝视时间和总注视时间上的主效应均显著（$Fs>3.61$, $ps<0.033$, $\eta_p^2>0.10$）。由于组别和学习阶段的交互作用在三个指标上达到显著，本研究将主要分析二者的交互作用。

（3）学习阶段和组别的交互作用。在首次注视时间上的被试分析不显著，项目分析显著，（$F_1(6,189)=1.22$, $p_1>0.05$; $F_2(6,174)=2.36$, $p_2=0.032$, $\eta_p^2=0.08$），在凝视时间和总注视时间上均显著（$Fs>4.17$, $ps<0.001$, $\eta_p^2>0.12$）。简单效应分析发现，三组被试在四个学习阶段上的差异均显著（$Fs>3.72$, $ps<0.014$, $\eta_p^2>0.06$）。

进一步考察三组被试在不同学习阶段的变化趋势（如图 1 所示），结果发现：发展性阅读障碍组在首次注视时间和凝视时间上，均在从第二到第三学习阶段表现出明显下降（$ts>2.39$, $ps<0.026$, $ds>0.93$），其余相邻学习阶段之间均无显著差异（$ts<1.31$, $ps>0.05$）。生理年龄匹配组，从第一到第二和第三到第四学习阶段，在首次注视时间上被试分析不显著，项目分析显著（$ts<1.80$, $ps>0.05$; $ts>2.01$, $ps<0.054$, $ds>0.75$），在凝视时间上表现显著下降（$ts>4.07$, $ps<0.001$, $ds>1.61$）；从第二到第三学习阶段，在首次注视时间和凝视时间上的下降均不显著（$ts<1.51$, $ps>0.05$）。阅读能力匹配组，从第一到第二和第三到第四学习阶段，在首次注视时间和凝视时间上的下降均显著（$ts>2.38$, $ps<0.024$, $ds>0.89$）；从第二到第三学习阶段，在首次注视时间上的下降不显著（$t_1(21)=0.89$, $p_1>0.05$; $t_2(29)=0.97$, $p_2>0.05$），但在凝视时间上表现出明显下降（$t_1(21)=3.04$, $p_1=0.006$, $d=1.33$; $t_2(29)=2.92$, $p_2=0.007$, $d=1.08$）。

在总注视时间上，三组被试从第一到第四学习阶段均表现出不断地下降（$ts>2.09$, $ps<0.046$, $ds>0.78$），即表现出学习上时间的节省，具体见图 2 所示。

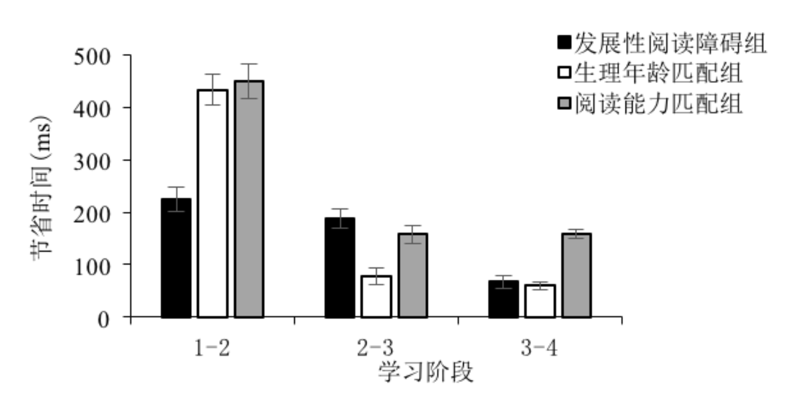


图 2　三组被试在不同学习阶段的节省时间

从第一到第二学习阶段，发展性阅读障碍组的节省时间均长于生理年龄匹配和阅读能力匹配组（$ts>2.77, ps<0.009, ds>0.86$）；从第二到第三学习阶段，发展性阅读障碍组的节省时间长于生理年龄匹配组，仅被试分析显著，项目分析不显著（$t_1(42)=2.18, p_1=0.035, d=0.67; t_2(29)=1.76, p_2>0.05$）；从第三到第四学习阶段，阅读能力匹配组的节省时间长于发展性阅读障碍组和生理年龄匹配组（$ts>2.78, ps<0.008, ds>0.86$）。不同组别在其余相邻学习阶段的节省时间均无显著差异（$ts<1.76, ps>0.05$）。

2.2.2 各项行为测验与眼动指标之间的相关分析

各项行为测验与眼动指标之间的相关分析结果见表 5。

表 5　各项行为测验与眼动指标之间的相关分析

各项测验	首次注视时间(ms)	凝视时间(ms)	总注视时间(ms)
正字法意识	-0.09	-0.16	-0.12
语音意识			
音节判断	-0.21	-0.23	-0.21
音位删除	-0.01	-0.02	0.07
声母/韵母/声调辨别	-0.06	-0.09	-0.04
言语工作记忆			
数字广度（顺背+倒背）	-0.14	-0.15	-0.09
汉字广度	-0.14	-0.16	0.08
快速命名（RAN）			
数字 RAN 反应时	0.07	0.23	0.31*
字母 RAN 反应时	0.08	0.05	0.27*
颜色 RAN 反应时	-0.06	0.12	0.11
阅读流畅性			
一分钟读词(词/分)	-0.20	-0.38**	-0.13
三分钟阅读(字)	-0.07	-0.25*	-0.15

结果发现，阅读流畅性测验成绩（包括一分钟读词和三分钟阅读）和儿童在新词上的凝视时间呈显著负相关，$|rs|>0.25$，$ps<0.044$，即阅读流畅性测验成绩越高，凝视时间越短。数字、字母快速命名反应与总注视时间呈显著正相关，$|rs|>0.27$，$ps<0.029$，即数字和字母快速命名反应时越短，总注视时间越短。其余各项个体测验与各项眼动指标均无显著相关，$|rs|<0.23$。

2.3　讨论

实验 1 结果发现，发展性阅读障碍儿童在阅读中新词习得的眼动模式与正常儿童不同，具体表现为:（1）在新词习得的早期加工阶段，发展性阅读障碍儿童在首次注视时间和凝视时间上的下降晚于生理年龄匹配和阅读能力匹配组;（2）在晚期加工阶段，发展性阅读障碍组在总注视时间上的下降虽然没有晚于生理年龄匹配和阅读能力匹配组，但其在前两个学习阶段上的节省时间显著短于匹配组儿童。由于该研究

结果发现发展性阅读障碍儿童在新词习得时的眼动模式变化与生理年龄匹配组儿童和年龄较小的阅读能力匹配组儿童均不相同，表明发展性阅读障碍儿童在自然阅读中的新词习得不是相对滞后的发展模式，而是表现出特殊的变异发展模式。

结合汉语阅读中新词习得的首要认知加工阶段，即“是否触发学习新词”的前提是将新词从由连续汉字组成的语境中成功切分出来，且汉语词切分和词识别是一个自上而下和自下而上的交互加工过程（Li et al., 2009）。新词加工类似于极端低频词，读者在头脑中缺乏相应的词汇表征，不能有效进行自上而下加工，因此更加依赖于自下而上的加工（Blythe et al., 2012; Liang et al., 2015, 2017）。已有研究发现，提供低水平的视觉词切分线索（如词间空格），在视觉上帮助读者成功进行新词切分，可以显著促进汉语读者在自然阅读中的新词习得，这种促进作用在阅读水平较低的儿童群体中尤为明显。这是由于儿童的各项语言认知加工技能相对较低，他们不能像成人一样有效利用高水平词汇内部线索（如词频、词素位置概率等语言学线索，见 Liang et al., 2015, 2017）进行新词识别与切分，因此更加依赖于视觉词切分线索。相比于正常儿童，发展性阅读障碍儿童的各项语言认知加工技能更低，他们在新词切分和识别中，是否更依赖于视觉词切分线索？即词间空格的插入是否会促进发展性阅读障碍儿童的新词习得？实验 2 将对该问题进行探讨。

3 实验 2：词间空格在发展性阅读障碍儿童新词习得中的作用

已有研究发现，视觉词切分线索在拼音文字阅读中起重要作用，不仅促进词汇识别，还可以有效引导眼动（Paterson & Jordan, 2010; Perea et al., 2009; Rayner et al., 1998）；在汉语和泰语等非空格语言中，词间空格也在一定程度上（尤其是对低水平读者而言）促进了读者的词汇识别（Shen et al., 2012; Winskel et al., 2009）。本研究通过比较三组儿童在词间空格和正常无空格文本中学习新词时的眼动特征，探讨词间空格在发展性阅读障碍儿童新词习得中的作用。

3.1 研究方法

3.1.1 被试

由于实验 1 中的 18 名被试（包括 8 名发展性阅读障碍儿童、5 名阅读能力匹配儿童、5 名生理年龄匹配儿童）由于家长及学校原因，不愿参加随后的实验。为了保证被试的数量，根据筛选标准又增加了 12 名被试（包括 6 名发展性阅读障碍儿童、3 名阅读能力匹配儿童、3 名生理年龄匹配儿童）。实验 2 发展性阅读障碍、生理年龄匹配和阅读能力匹配组各 20 人，共计 60 人。

3.1.2 实验设计

采用 3（被试类型：发展性阅读障碍组、生理年龄匹配组、阅读能力匹配组）×2（文本呈现方式：正常无空格、词间空格）的混合设计，被试类型为被试间变量，文本呈现方式为被试内变量。

3.1.3 实验材料

将实验 1 中编制的 30 个新词以及语境作为实验材料。包含 15 个新词的句子在正常无空格条件下呈现，另外包含 15 个新词的句子在词间空格条件下呈现。空格条件下句子切分方法如下：基于《现代汉语词典》和 SUBTLEX-CH-WF 语料库（Cai et al., 2010），将词典或语料库中存在的词作为一个词单元，在相邻两个词单元之间加入空格。选取 15 名不参与正式实验的大学生对词切分的合理性进行评定，一致率为 96.3%（*SD*=0.03）。

3.1.4 实验仪器及施测程序

同实验 1。要求被试阅读正常空格条件和词间空格条件的句子。被试每次学习 7 到 8 个新词，分四次完成 30 个新词的学习。

3.2 结果

三组被试的阅读理解正确率无显著差异（发展性阅读障碍组为 82%，生理年龄匹配组为 88%，阅读能力匹配组为 86%），$F(2,57)=2.16$，$p>0.05$，表明三组被试都认真阅读句子。三组被试的语义类别选择正确率无显著差异（发展性阅读障碍组为 96%，生理年龄匹配组为 99%，阅读能力匹配组为 96%），$F(2,57)=1.66$，$p>0.05$，表明三组被试都能正确掌握新词的语义类别。删除数据标准同实验 1（梁菲菲等, 2017），共删除数据占总数据的 1.74%。因变量指标同实验 1。

三组被试在不同文本呈现方式下的眼动数据结果见表 6 所示。

表 6 三组被试在不同文本呈现方式下的眼动数据

眼动指标	发展性阅读障碍组		生理年龄匹配组		阅读能力匹配组	
	无空格	词间空格	无空格	词间空格	无空格	词间空格
首次注视时间(ms)	274 (36)	260 (33)	259 (34)	264 (44)	273 (43)	280 (43)
凝视时间(ms)	427 (97)	375 (83)	342 (62)	338 (70)	407 (100)	384 (70)
总注视时间(ms)	856 (218)	696 (170)	670 (145)	602 (143)	860 (240)	692 (173)

（1）文本呈现方式。在首次注视时间上的主效应不显著（$F_1(1,57)=0.05$, $p_1>0.05$; $F_2(1,29)=0.03$, $p_2>0.05$），在凝视时间和总注视时间上的主效应均显著（Fs>11.47, ps<0.001, $\eta_p^2>0.17$），儿童在无空格条件下注视新词的凝视时间和总注视时间显著长于空格条件。

（2）组别。在首次注视时间上的主效应被试分析不显著，项目分析显著（$F_1(2,57)=0.93$, $p_1>0.05$;

$F_2(2,58)=15.82$, $p_2<0.001$, $\eta_p^2=0.35$）；在凝视时间和总注视时间上的主效应均显著（Fs>3.89, ps<0.026, $\eta_p^2>0.12$）。由于文本呈现方式和组别的交互作用在三个指标上均显著，将主要关注二者的交互作用分析。

（3）组别和文本呈现方式的交互作用。在首次注视时间的被试分析边缘显著，项目分析显著（$F_1(2,57)=3.09$, $p_1=0.053$, $\eta_p^2=0.10$; $F_2(2,58)=4.01$, $p_2=0.023$, $\eta_p^2=0.12$）。简单效应分析发现，仅发展性阅读障碍组表现出空格促进效应，仅无空格条件下的首次注视时间显著长于空格条件（$F_1(1,57)=4.62$, $p_1=0.036$, $\eta_p^2=0.07$; $F_2(1,29)=4.22$, $p_2=0.049$, $\eta_p^2=0.13$）。生理年龄匹配和阅读能力匹配组儿童均未表现出空格促进作用（Fs<2.48, ps>0.05）。

二者的交互作用在凝视时间和总注视时间上均显著（Fs>3.20, ps<0.048, $\eta_p^2>0.10$）。简单效应分析发现：在凝视时间上，发展性阅读障碍组表现出空格促进效应（$F_1(1,57)=14.89$, $p_1<0.001$, $\eta_p^2=0.21$; $F_2(1,29)=22.11$, $p_2<0.001$, $\eta_p^2=0.43$），阅读能力匹配组和生理年龄匹配组均未出现空格促进效应（Fs<3.77, ps>0.05）；在总注视时间上，三组被试均表现出空格促进效应（Fs>6.13, ps<0.019, $\eta_p^2>0.10$），且发展性阅读障碍组和阅读能力匹配组的空格促进效应量无显著差异（$t_1(38)=0.21$, $p_1>0.05$; $t_2(29)=0.61$, $p_2>0.05$），但均大于生理年龄匹配组（ts>2.40, ps<0.022, ds>0.78）。

为了进一步考察词间空格对发展性阅读障碍儿童的新词习得的贡献，将发展性阅读障碍组空格条件和生理年龄匹配组无空格条件下的眼动数据进行比较。结果发现，两组被试在首次注视时间和总注视时间上均没有差异（ts<1.95, ps>0.05），在凝视时间上被试分析不显著，项目分析显著（$t_1(38)=1.38$, $p_1>0.05$; $t_2(29)=5.11$, $p_2<0.001$, $d=1.90$），表明词间空格条件下，发展性阅读障碍儿童的新词习得达到生理年龄匹配组阅读无空格文本时的水平。

3.3 讨论

与前人研究结果一致（梁菲菲等, 2017; Blythe et al., 2012），实验 2 结果发现词间空格促进三组儿童的新词习得，且促进作用的大小和方式表现出组间差异：词间空格对发展性阅读障碍儿童的促进作用表现在新词习得的整个加工阶段；对生理年龄匹配组和阅读能力匹配组的促进作用仅表现在后期的语义整合阶段，且对生理年龄匹配组的促进作用小于阅读能力匹配组。表明词间空格对发展性阅读障碍儿童的促进作用最大，阅读能力匹配组次之，生理年龄匹配组最小。该研究结果表明，发展性阅读障碍儿童在阅读中习得新词的过程中，对低水平视觉切分线索的依赖性更强。

4 总讨论

通过两个实验，探讨发展性阅读障碍和匹配组儿童新词习得眼动模式的差异，以及促进新词习得的有效途径。结果发现：（1）发展性阅读障碍儿童的新词习得眼动模式不同于正常儿童，且主要体现在新词习

得的早期加工阶段；（2）词间空格促进了三组儿童的新词习得，但对发展性阅读障碍儿童的促进作用更大。基于发展性阅读障碍儿童的加工缺陷以及词汇习得的认知过程，对上述结果做如下讨论。

4.1 发展性阅读障碍儿童的新词习得

从自然阅读中学习新词是适龄儿童词汇量增长的重要途径（Nagy & Scott, 2000）。本研究结果发现，发展性阅读障碍在新词习得过程中眼动模式的变化特点不同于生理年龄匹配组和阅读能力匹配组，即随着新词学习次数的增多，发展性阅读障碍儿童在新词上的注视时间呈连续下降模式，而正常儿童（包括阅读能力匹配组和生理年龄匹配组）在新词上的注视时间则呈阶梯式下降模式，即在第二次注视新词时，总注视时间下降幅度特别大，在随后的学习过程中，下降幅度变小。该结果为发展性阅读障碍儿童新词习得的变异发展模式提供了新证据，即他们新词习得时的眼动注视模式与年龄较小的阅读能力匹配组和同年龄的生理年龄匹配组儿童均不相似。由此可知，发展性阅读障碍儿童的新词习得眼动模式异常不是由于阅读能力的发育迟滞，而是自身的病理性缺陷所导致的。

在将个体测验成绩与反映新词习得认知加工过程的眼动指标进行相关分析时，只有字符型快速命名（包括字母和数字快速命名，见 Jones, Branigan, Hatzidaki, & Obregón, 2010; Närhi et al., 2005）及阅读流畅性测验与新词的注视时间呈显著相关。该结果为快速命名、及阅读流畅性测验与阅读之间的关系提供了新的证据，即这两个测验不仅可以用于测量与评估个体在阅读中的词汇识别效率（Norton & Wolf, 2012），还可以在一定程度上评估儿童在自然阅读中的新词习得。

在阅读中学习新词时，读者需要将注意资源集中在词汇内部、语境及长时记忆中寻找有效线索对新词进行识别（Fukkink, 2005）。一方面由于读者头脑中缺乏新词自上而下的词汇表征，另一方面又由于本研究所采用的新词均为不透明词，即读者无法根据两个词素的语义信息推断整词的含义，因此读者只能在语境中寻找有效线索对新词的含义进行推断（Blythe et al., 2012; Liang et al., 2015, 2017）。然而，本研究的发展性阅读障碍儿童在形-音转换的自动化加工及反映多种低水平认知加工的阅读流畅性上存在缺陷，这意味着，他们必须将更多的注意资源集中在新词的低水平加工，包括新词的正字法、语音、语素加工及在形-音之间建立联结，而用于在语境中寻找有效线索的认知资源就大大减少，进一步影响新词的语义推断与整合。其次，本研究筛选出的发展性阅读障碍儿童存在语音意识缺陷和正字法意识缺陷，这也会阻碍对新词的正字法和语音信息的加工。综上所述，由于分配给新词的认知资源较少且难以有效获取新词的低水平信息，导致发展性阅读障碍儿童新词习得眼动模式不同于正常儿童，使其新词习得较为缓慢。

需要说明的是，自然阅读中的新词习得是一项是极其复杂的认知活动，同时受学习者自身因素（如语言水平、词汇量、情绪状态）和阅读因素（如阅读任务、阅读目的）的影响（Pulido, 2004）。因此，导致

发展性阅读障碍儿童的新词习得缓慢的原因可能存在多种，后续研究应聚焦于“自然阅读中的新词习得模型”中的某一或某几个加工阶段，采用更具有针对性的实验设计，为发展性阅读障碍儿童新词习得的认知机制提供更多实验证据。

4.2 发展性阅读障碍儿童新词习得的空格促进效应

已有研究发现，词间空格作为一种视觉词切分线索，将连续的词从视觉上凸显出来，在一定程度上能促进汉语读者的阅读，研究者将这种现象称为空格促进效应（梁菲菲, 2013）。该效应不仅发生在汉语阅读的词汇识别中，还发生在词汇习得情境中，且其大小受读者阅读技能高低的调节（Blythe et al., 2012）。这是由于，阅读技能高的读者（如成人），除了利用低水平视觉信息外，还可以充分利用词汇本身所提供的高水平语言信息进行词切分，如词素熟悉性（梁菲菲, 王永胜, 张慢慢, 闫国利, 白学军, 2016）、词素位置概率等（Liang et al., 2017）；阅读技能低的读者（如儿童），由于他们对各项语言线索的利用能力还在发展过程中（Reichle et al., 2013），因此更加依赖低水平视觉线索进行词切分。本研究结果发现，相比于生理年龄匹配组儿童（五年级小学生），词间空格的促进作用在阅读能力匹配组儿童（三年级小学生）中表现更明显，进一步证实词间空格在词汇习得中的促进作用随着儿童年龄的增长及阅读水平的提高而逐步减少。

本研究还发现，词间空格对发展性阅读障碍儿童的促进作用明显大于正常儿童，即词间空格同时促进他们新词习得的早期和晚期加工阶段，而匹配组儿童只在晚期阶段表现出空格促进效应。表明空格促进效应不仅受读者阅读水平高低的影响，也与读者是否存在“发展性阅读障碍”有关。词间空格促进发展性阅读障碍儿童词汇习得的方式存在如下两种可能性。

第一，词间空格减缓了视觉拥挤效应。已有研究发现，发展性阅读障碍儿童的视觉拥挤效应大于正常儿童，即他们在加工目标刺激时，更容易受到相邻刺激的干扰（Zorzi et al., 2012）。在拼音文字中，通过增大字符间距（即字母与字母之间的距离）缓解了发展性阅读障碍儿童的视觉拥挤效应，可以有效提高其阅读速度（Perea, Panadero, Moret-Tatay, & Gómez, 2012）；在汉语研究中也发现，增大干扰汉字和目标汉字之间的距离在一定程度上缓解了发展性阅读障碍儿童的视觉拥挤效应，促进对目标汉字的识别（郭志英, 2016）。由于汉语文本的特殊性，同时存在字间距和词间距。与单个汉字相比，在汉语阅读中词更具有心理现实性（Bai, Yan, Liversedge, Zang, & Rayner, 2008; Shen et al., 2012）。因此，相比于增大字间距，增大词与词之间的视觉间距在汉语阅读中可能更有效。本研究在句子阅读层面上证实，词间空格通过有效地缓解相邻词单元之间的拥挤，促进发展性阅读障碍儿童的新词习得。

第二，词间空格帮助发展性阅读障碍儿童成功进行词切分。汉语文本没有明显的视觉词边界信息，自然阅读中进行新词习得的首要环节是词切分（白学军等, 2014; Liang et al., 2017）。在汉语文本中插入词间

空格，一方面从视觉层面上可以加强新词的两个词素在形、音、义上的联结，另一方面有助于读者在整词水平上快速建立新词的词汇表征。这有效地弥补了发展性阅读障碍儿童由于字词识别缺陷导致在词汇切分和识别上的加工能力不足，帮助他们准确、快速地完成词切分过程，促进新词习得。

本研究结果还发现，在汉语文本中插入词间空格，发展性阅读障碍儿童的新词习得基本达到正常儿童水平。在自然阅读中词汇习得直接影响儿童词汇量的高低，而词汇量能有效预测儿童的阅读能力高低（周雪莲, 程亚华, 李宜逊, 韩春翔, 李虹, 2016）。因此，本研究结果为提高发展性阅读障碍儿童新词习得提供切实可行的干预途径。

5 结论

在本研究条件下得出如下结论：（1）与正常儿童相比，发展性阅读障碍儿童的新词习得较为缓慢，主要表现为新词习得早期加工的延迟和晚期加工效率的低下，这可能是由他们在形-音转换的自动化加工及反映多种低水平认知加工的阅读流畅性上存在缺陷，导致新词习得的阅读模式呈变异发展。（2）词间空格作为视觉词切分信息，帮助发展性阅读障碍儿童成功进行词切分，可能在一定程度上缓解文本的拥挤效应，促进新词习得。

参考文献

Bai, X. J., Liang, F. F., Blythe, H. I., Zang, C. L., Yan, G. L., & Liversedge, S. P. (2013). Interword spacing effects on the acquisition of new vocabulary for readers of Chinese as a second language. *Journal of Research in Reading*, *36*(S1), 4–17.

Bai, X. J., Yan, G. L., Liversedge, S. P., Zang, C. L., & Rayner, K. (2008). Reading spaced and unspaced Chinese text: Evidence from eye movements. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *34*(5), 1277−1287.

Bai, X. J., Zhang, M. M., Zang C. L., Li, X., Chen, L., & Yan G. L. (2014). The effect of word boundary information on Chinese word acquisition and recognition: Evidence from eye movements. *Advances in Psychological Science*, *22*(1), 1–8.

[白学军, 张慢慢, 臧传丽, 李馨, 陈璐, 闫国利. (2014). 词边界信息在中文词汇学习与识别中的作用:眼动研究的证据. *心理科学进展*, *22*(1), 1–8.]

Blythe, H. I., Liang, F. F., Zang, C. L., Wang, J. X., Yan, G. L., Bai, X. J., & Liversedge, S. P. (2012). Inserting spaces into Chinese text helps readers to learn new words: An eye movement study. *Journal of Memory & Language*, *67*(2), 241–254.

Cai, Q., & Brysbaert, M. (2010). SUBTLEX-CH: Chinese word and character frequencies based on film subtitles. *Plos One*, *5*(6), e10729.

Chen, H., Zhou, Y. X., Ge, Z., Li, Q., Sun, Q. S., Zheng, L. Y., … Sun, Y. M. (2018). Association study of FGF18 with developmental dyslexia in Chinese population. *Psychiatric Genetics*, *28*(1), 8–11.

Cheng, Y., Li, L., & Wu, X. (2015). The reciprocal relationship between compounding awareness and vocabulary knowledge in Chinese: A latent growth model study. *Frontiers in Psychology*, *6*, 440.

Denckla, M. B., & Rudel, R. (1974). Rapid "automatized" naming of pictured objects, colors, letters and numbers by normal children. *Cortex*, *10*(2), 186–202.

Fukkink, R. G. (2005). Deriving word meaning from written context: A process analysis. *Learning & Instruction*, *15*(1), 23–43.

Guo, Z. Y. (2016). *The visual crowding effect in Chinese-speaking children with developmental dyslexia* (Unpublished doctoral dissertation). Tianjin Normal University.

[郭志英. (2016). *汉语发展性阅读障碍儿童视觉拥挤效应的研究*(博士学位论文). 天津师范大学.]

Ho, C. S., Chan, D. W., Tsang, S. M., & Lee, S. H. (2002). The cognitive profile and multiple-deficit hypothesis in Chinese developmental dyslexia.

Developmental Psychology, *38*(4), 543–553.

Ho, S. H., Law, P. S., & Ng, P. M. (2000). The phonological deficit hypothesis in Chinese developmental dyslexia. *Reading & Writing*, *13*(1–2), 57–79.

Hudson, R. F., Pullen, P. C., Lane, H. B., Torgesen, J. K. (2009). The complex nature of reading fluency: A multidimensional view. *Reading & Writing Quarterly*, *25*(1), 4–32.

Inhoff, A. W., & Radach, R. (2002). The biology of reading: Use of spatial segmentation in the reading of complex words. *Comments on Theoretical Biology*, *7*(3), 121–138.

Jones, M. W., Branigan, H. P., Hatzidaki, A., & Obregón, M. (2010). Is the 'naming' deficit in dyslexia a misnomer? *Cognition*, *116*(1), 56–70.

Li, D., Hu, K.D., Chen, G.P., Jin, Y., & Li, M. (1988). Test report of Raven's Progressive Matrices (CRT) of Shanghai city. *Psychological Science*, (4), 29–33.

[李丹, 胡克定, 陈国鹏, 金瑜, 李眉. (1988). 瑞文测验联合型（CRT）上海市区试测报告. *心理科学*, (4), 29–33.]

Li, L., & Wu, X. (2015). Effects of metalinguistic awareness on reading comprehension and the mediator role of reading fluency from grades 2 to 4. *Plos One*, *10*(3), 1–16.

Li, X. S., Liu, P. P., & Ma, G. J. (2011). Advances in cognitive mechanisms of word segmentation during Chinese reading. *Advances in Psychological Science*, *19*(4), 459–470.

[李兴珊, 刘萍萍, 马国杰. (2011). 中文阅读中词切分的认知机理述评. *心理科学进展*, *19*(4), 459–470.]

Li, X. S., Rayner, K., & Cave, K. R. (2009). On the segmentation of Chinese words during reading. *Cognitive Psychology*, *58*(4), 525–552.

Liang, F. F. (2013). *The mechanism of word segmentation during Chinese reading: An eye movement study* (Unpublished doctoral dissertation). Tianjin Normal University.

[梁菲菲. (2013). *中文词切分认知机制的眼动研究*(博士学位论文). 天津师范大学.]

Liang, F. F., Blythe, H. I., Bai, X. J., Yan, G. L., Li, X. S., Zang, C. L., & Liversedge, S. P. (2017). The role of character positional frequency on Chinese word learning during natural reading. *Plos One*, *12*(11), 1–24.

Liang, F. F., Blythe, H. I., Zang, C. L., Bai, X. J., Yan, G. L., & Liversedge, S. P. (2015). Positional character frequency and word spacing facilitate the acquisition of novel words during Chinese children's reading. *Journal of Cognitive Psychology*, *27*(5), 594–608.

Liang, F. F., Wang, Y. S., Zhang, M. M., Yan, G. L., & Bai, X. J. (2016). The familiarity of morphemes modulating word spacing effects on the acquisition of novel Chinese vocabulary. *Journal of Psychological Science*, *39*(2), 258–264.

[梁菲菲, 王永胜, 张慢慢, 闫国利, 白学军. (2016). 新词词素熟悉性影响视觉词切分线索在新词学习中的促进作用. *心理科学*, *39*(2), 258–264.]

Liang, F. F., Zhang, P., Zhang, Q. H., Wang, Y. S., & Bai, X. J. (2017). Different performance of word learning capability between children and adults in natural reading: Evidence from eye movements. *Journal of Psychological Science*, *40*(4), 863–869.

[梁菲菲, 章鹏, 张琪涵, 王永胜, 白学军. (2017). 自然阅读中儿童和成人新词学习能力的差异比较：基于眼动的证据. *心理科学*, *40*(4), 863–869.]

Lin, C. D., & Zhang, H. C. (1986). *The Chinese revision of WISC–R [in Chinese]*. Beijing, China: Beijing Teachers College Press.

[林传鼎, 张厚粲. (1986). *韦氏儿童智力量表中国修订本*. 北京：北京师范大学.]

Ling, W. S., & Bin, Z. S. (1988). *Method of psychology test [in Chinese]*. Beijing, China: Science Press.

[凌文辁, 滨治世. (1988). *心理测验法*. 北京: 科学出版社.]

Lyon, G. R., Shaywitz, S. E., & Shaywitz, B. A. (2003). A definition of dyslexia. *Annals of Dyslexia*, *53*(1), 1–14.

Meng, X., Cheng-Lai, A., Zeng, B., Stein, J. F., & Zhou, X. (2011). Dynamic visual perception and reading development in Chinese school children. *Annals of Dyslexia*, *61*(2), 161–176.

Nagy, W., Herman, P. A., & Anderson, R. C. (1985). Learning words from context. *Reading Research Quarterly*, *20*(2), 233–253.

Nagy, W., & Scott, J. A. (2000). Vocabulary processes. In M. L. Kamil, P. Mosenthal, P. D. Pearson, & R. Bar (Eds.), *Handbook of reading research* (Vol. 3, pp. 269–284). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Närhi, V., Ahonen, T., Aro, M., Leppäsaari, T., Korhonen, T. T., & Tolvanen, A., & Lyytinen, H. (2005). Rapid serial naming: Relations between different stimuli and neuropsychological factors. *Brain & Language*, *92*(1), 45–57.

Norton, E. S., & Wolf, M. (2012). Rapid automatized naming (RAN) and reading fluency: Implications for understanding and treatment of reading disabilities. *Annual Review of Psychology*, *63*(1), 427–452.

Pan, J., Yan, M., Laubrock, J., Shu, H., & Kliegl, R. (2014). Saccade-target selection of dyslexic children when reading Chinese. *Vision Research*, *97*(4), 24–30.

Paterson, K. B., & Jordan, T. R. (2010). Effects of increased letter spacing on word identification and eye guidance during reading. *Memory & Cognition*, *38*(4), 502–512.

Perea, M., & Acha, J. (2009). Space information is important for reading. *Vision Research*, *49*(15), 1994–2000.

Perea, M., Panadero, V., Moret-Tatay, C., & Gómez, P. (2012). The effects of inter-letter spacing in visual-word recognition: Evidence with young normal readers and developmental dyslexics. *Learning and Instruction*, *22*(6), 420–430.

Pulido, D. (2004). The relationship between text comprehension and second language incidental vocabulary acquisition: A matter of topic familiarity? *Language Learning*, *54*(3), 469–523.

Rayner, K., Fischer, M. H., & Pollatsek, A. (1998). Unspaced text interferes with both word identification and eye movement control. *Vision Research*, *38*(8), 1129–1144.

Reichle, E. D., Liversedge, S. P., Drieghe, D., Blythe, H. I., Joseph, H. S., White, S. J., … Rayner, K. (2013). Using E-Z reader to examine the concurrent development of eye-movement control and reading skill. *Developmental Review*, *33*(2), 110–149.

Sainio, M., Hyönä, J., Bingushi, K., & Bertram, R. (2007). The role of interword spacing in reading Japanese: An eye movement study. *Vision Research*, *47*(20), 2575–2584.

Shen, D. L., Liversedge, S. P., Tian, J., Zang, C. L., Cui, L., Bai, X. J., … Rayner, K. (2012). Eye movements of second language learners when reading spaced and unspaced Chinese text. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, *18*(2), 192–202.

Shu, H., McBride-Chang, C., Wu, S., & Liu, H. (2006). Understanding Chinese developmental dyslexia: Morphological awareness as a core cognitive construct. *Journal of Educational Psychology*, *98*(1), 122–133.

Shu, H., Meng, X., Chen, X., Luan, H., & Cao, F. (2005). The subtypes of developmental dyslexia in Chinese: Evidence from three cases. *Dyslexia*, *11*(4), 311–329.

Wang, X. C. (2010). *The cognitive process foundation of the Chinese developmental dyslexia with phonological and orthographic deficit* (Unpublished doctoral dissertation). East China Normal University.

[王晓辰. (2010). *汉语发展性阅读障碍语音及正字法缺损的认知过程基础*(博士学位论文). 华东师范大学.]

Wang, X. L., & Tao, B. P. (1996). *Chinese character recognition test battery and assessment scale for primary school children*. Shanghai, China: Shanghai Education Press.

[王孝玲, 陶保平. (1996). *小学生识字量测试题库及评价量表*. 上海: 上海教育出版社.]

Winskel, H., Radach, R., & Luksaneeyanawin, S. (2009). Eye movements when reading spaced and unspaced Thai and English: A comparison of Thai-English bilinguals and English monolinguals. *Journal of Memory and Language*, *61*(3), 339–351.

Wolf, M., Bowers, P. G., & Biddle, K. (2000). Naming-speed processes, timing, and reading: A conceptual review. *Journal of Learning Disabilities*, *33*(4), 387–407.

Xue, J., Shu, H., Yang, J. F., & Lu, J. P. (2008). Underlying problems in research on subtypes of developmental dyslexia. *Chinese Journal of Special Education*, (3), 48–52.

[薛锦, 舒华, 杨剑锋, 陆建平. (2008). 发展性阅读障碍亚类型研究中的问题. *中国特殊教育*, (3), 48–52.]

Yan, G. L., Xiong, J. P., Zang, C. L., Yu, L. L., Cui, L., & Bai, X. J. (2013). Review of eye-movement measures in reading research. *Advances in Psychological Science*, *21*(4), 589–605.

[闫国利, 熊建萍, 臧传丽, 余莉莉, 崔磊, 白学军. (2013). 阅读研究中的主要眼动指标评述. *心理科学进展*, *21*(4), 589–605.]

Yan, M., Pan, J., Laubrock, J., Kliegl, R., & Shu, H. (2013). Parafoveal processing efficiency in rapid automatized naming: A comparison between Chinese normal and dyslexic children. *Journal of Experimental Child Psychology*, *115*(3), 579–589.

Zhang, M., Xie, W., Xu, Y., & Meng, X. (2018). Auditory temporal perceptual learning and transfer in Chinese-speaking children with developmental dyslexia. *Research in Developmental Disabilities*, *74*, 146–159.

Zhou, X. L., Cheng, Y. H., Li, Y. X., Han, C. X., & Li, H. (2016). The role of oral reading fluency in Chinese children's reading development. *Psychological Development and Education*, *32*(4), 471–477.

[周雪莲, 程亚华, 李宜逊, 韩春翔, 李虹. (2016). 朗读流畅性在儿童阅读发展中的预测作用. *心理发展与教育*, *32*(4), 471–477.]

Zhou, Y., Mcbride-Chang, C., Law, A. B., Li, T., Cheung, A. C., Wong, A. M., & Shu, H. (2014). Development of reading-related skills in Chinese and English

among Hong Kong Chinese children with and without dyslexia. *Journal of Experimental Child Psychology*, *122*(1), 75–91.

Zorzi, M., Barbiero, C., Facoetti, A., Lonciari, I., Carrozzi, M., Montico, M., … Ziegler, J. C. (2012). Extra-large letter spacing improves reading in dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *109*(28), 11455–11459.

Zou, Y. C. (2003). *Information processing of developmental dyslexia in Chinese children* (Unpublished doctoral dissertation). South China Normal University.

[邹艳春. (2003). *汉语学生发展性阅读障碍的信息加工特点研究*(博士学位论文). 华南师范大学.]

The Efficiency and Improvement of Novel Word's Learning in Chinese Children with Developmental Dyslexia during Natural Reading

BAI Xuejun[1,2]; MA Jie[1], LI Xin[1], LIAN Kunyu[1], TAN Ke[1], YANG Yu[1], LIANG Feifei[2]

(1 Academy of Psychology and Behavior, Tianjin Normal University, Tianjin 300074;

2 School of Education and Science, Tianjin Normal University, Tianjin 300387)

Abstract

Previous studies have shown that the amount of vocabularies of children with developmental dyslexia is remarkably lower than that of normal children, thus, it becomes one of the primary indicators for discriminating dyslexia in clinical (Shu et al., 2006). Children develop vocabularies at an extremely high rate in primary school, and a conservative estimate shows that approximately one-third of vocabulary growth is acquired by accidental learning in natural reading (Fukkink, 2005). The critical process of this way to learn words, is to infer the word meaning by gathering useful sources base on lexical and contextual cues. Chinese developmental dyslexia typically have deficits in the aspects of morphological- and phonological-related processing, we infer they would be less skilled to derive the word meaning by using lexical information. The first experiment is designed to examine the dyslexic children's performance of novel word learning in reading.

In Experiment 1, the novel words were embedded into eight sentences, each of which provided a context for readers to form a new lexical representation. Three groups of children were selected as participants, including children with developmental dyslexia (DD), the chronological age-matched children (CA), and reading level-matched children (RL). They were instructed to read sentences containing novel words as their eye movements were recorded. The results showed that, reading times on target words gradually reduced with the increasing of learning stages. Children with developmental dyslexia needed more contexts to begin to decrease for the measures of first fixation duration and gaze duration, and showed a slower decline on total fixation time as compared to age-matched and reading level-matched children. It suggests that more contexts are necessary for dyslexic children to learn novel words in reading.

The insertion of spaces between words, has been proven to be an effective way of improving children's word learning efficiency (Blythe et al., 2012; Liang et al., 2015). In Experiment 2, we examined whether children with dyslexia were more benefit from word spacing in word learning because of their low-level of reading skills. Three groups of children as the same in Experiment 1 were instructed to read sentences in unspaced, and word-spaced formats. The results showed that all children were benefit from word spacing in word learning, and it was more pronounced for children with- than without- dyslexia. We argue that word spacing may allow readers to form a more fully specified representation of the novel word, or to strengthen connections between representations of the constituent characters and the multi-character word.

Our findings provide robust evidence that Chinese children with developmental dyslexia have lower efficiency of word learning in reading, probably this accounts for their less vocabularies in mental lexicon. The findings also have strong implications for educational practice with respect to reading development with dyslexia.

Key words developmental dyslexia; word acquisition; word segmentation; Chinese reading